

特開2001-6130

(P2001-6130A)

(43)公開日 平成13年1月12日(2001.1.12)

(51)Int. C1.<sup>7</sup>  
G 11 B 5/39  
H 01 L 43/08

識別記号

F I  
G 11 B 5/39  
H 01 L 43/08マーク(参考)  
5D034  
Z

審査請求 未請求 請求項の数19 O L

(全12頁)

(21)出願番号 特願平11-177977  
(22)出願日 平成11年6月24日(1999.6.24)(71)出願人 000003067  
ティーディーケイ株式会社  
東京都中央区日本橋1丁目13番1号  
(72)発明者 レドン オリビエ  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
ーディーケイ株式会社内  
(72)発明者 島沢 幸司  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
ーディーケイ株式会社内  
(74)代理人 100098006  
弁理士 皿田 秀夫 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トンネル磁気抵抗効果型ヘッド

(57)【要約】

【課題】より簡易に高記録密度化に対応することができる、改善された新規な電極構造を備えるTMRヘッドを提供する。また、TMR変化率の低下がなく、超高密度記録に適用できるよう大きなヘッド出力が得られるトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供する。

【解決手段】トンネル多層膜にセンス電流を流す手段として、トンネル多層膜にセシス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)を電気的に接合(electrical contact)させ、当該電極-シールド兼用層は、読み取り出力を向上させるためにA B S(Air Bearing Surface)からトンネル多層膜の後部へと入り込みつつトンネル多層膜の後部へ延長されるようにデザインされており、トンネル多層膜の後部に位置する電極-シールド兼用層の一部分が読み取り出力を向上させるためのバックフラックスガイドとして機能してなるよう構成する。

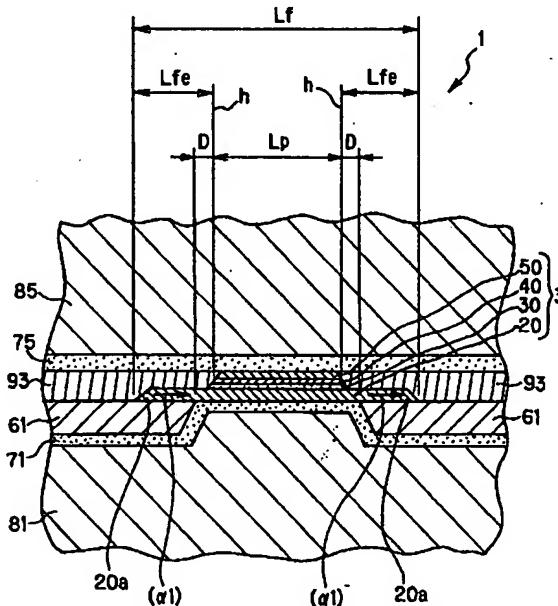


FIG.1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記トンネル多層膜の積層方向の両側のうち少なくとも片側には、トンネル多層膜にセンス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極ーシールド兼用層 (common lead and shield layer) が、電気的に接合 (electrical contact) されており、前記一つの電極ーシールド兼用層は、読み取り出力を向上させるために A B S (Air Bearing Surface) からトンネル多層膜の後部へと入り込みつつトンネル多層膜の後部へ延長されるようにデザインされており、トンネル多層膜の後部に位置する電極ーシールド兼用層の一部分が読み取り出力を向上させるためのバックフラックスガイドとして機能してなることを特徴とするトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項2】 前記トンネル多層膜の積層方向の両側には、それぞれ、トンネル多層膜にセンス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極ーシールド兼用層 (common lead and shield layer) が、電気的に接合 (electrical contact) されており、一つの電極ーシールド兼用層は、読み取り出力を向上させるために A B S 面からトンネル多層膜の後部へと入り込みつつトンネル多層膜の後部へ延長されるようにデザインされており、トンネル多層膜の後部に位置する電極ーシールド兼用層の一部分が読み取り出力を向上させるためのバックフラックスガイドとして機能してなる請求項1に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項3】 前記電気的に接合 (electrical contact) されてなる電極ーシールド兼用層とトンネル多層膜との間には、非磁性かつ導電性のあるギャップ層が形成されてなる請求項1または請求項2に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項4】 前記電極ーシールド兼用層が、NiFe、セジダスト、CoFe、CoFeNi である請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項5】 前記ギャップ層が、Cu, Al, Ta, Au, Cr, In, Ir, Mg, Rh, Ru, W, Zn あるいはこれらとの合金からなる層を有して構成される請求項3または請求項4に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項6】 前記ギャップ層の膜厚が、50~700 Å である請求項3ないし請求項5のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項7】 前記ギャップ層が、Ta, Rh, Cr の高耐食性材質からなる請求項3ないし請求項6のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

10 【請求項8】 前記トンネル多層膜の一部を構成する前記強磁性フリー層は、その長手方向両端部にそれぞれ接続配置されたバイアス付与手段によって、強磁性フリー層の長手方向にバイアス磁界が印加されており、当該強磁性フリー層の長手方向 (バイアス磁界印加方向) の長さは、前記強磁性ピンド層の長手方向長さよりも大きく設定され、該強磁性フリー層は、その両端部に、前記強磁性ピンド層の長手方向両端部位置よりもさらに延長された拡張部位をそれぞれ備えなるように配置されてなる請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項9】 前記強磁性フリー層の長手方向両端部にそれぞれ接続配置されるバイアス付与手段は、前記強磁性フリー層の両端部に存在する拡張部位の上または下に磁気的に接触 (magnetically contact) して形成され、かつ前記強磁性ピンド層の長手方向端部から一定のスペース D を確保して形成される請求項1ないし請求項8のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

20 【請求項10】 前記一定のスペース D は、0.02 μ m 以上である請求項9に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項11】 前記一定のスペース D は、0.02 μ m 以上 0.3 μ m 以下である請求項9に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項12】 前記一定のスペース D は、0.02 μ m 以上 0.15 μ m 未満である請求項9に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

30 【請求項13】 前記強磁性フリー層の厚さは、20~500 Å の範囲に設定される請求項1ないし請求項12のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項14】 前記トンネル多層膜は、その多層膜検出端面が A B S (Air Bearing Surface) を構成してなる請求項1ないし請求項13のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項15】 前記強磁性フリー層は、合成フェリ磁石 (synthetic ferrimagnet) である請求項1ないし請求項14のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

40 【請求項16】 前記強磁性ピンド層は、非磁性層を介して反強磁的に結合された一对の強磁性層である請求項1ないし請求項15のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項17】 前記バイアス手段は、高保磁力材料もしくは反強磁性材料、または反強磁性層と 1 ないし幾層かの強磁性層との積層体から構成される請求項8ないし請求項16のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

50 【請求項18】 前記強磁性ピンド層の磁化をピンニングするためのピン止め層が、前記強磁性ピンド層のトンネルバリア層と接する側と反対の面に積層されてなる請

求項1ないし請求項17のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項19】前記トンネル多層膜の長手方向両端部は、絶縁層で絶縁されている請求項1ないし請求項18のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体等の磁界強度を信号として読み取るためのトンネル磁気抵抗効果型ヘッド (Magneto-Resistive tunnel Junction head) に関する。特に、電極と磁気シールドとの共通化 (common leads and shields) が図られた形態を備え、超高密度記録に適用できるようなトンネル磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】異方性磁気抵抗 (Anisotropic Magneto-Resistance:AMR) 効果あるいはスピナルバープ (Spin-Valve:SV) 効果に基づくMRセンサは、磁気記録の読み出しransデューサとして良く知られている。MRセンサは、磁気材料からなる読み出し部の抵抗変化で、記録媒体に記録された信号の変化を検出することができる。AMRセンサの抵抗変化率  $\Delta R/R$  は低く、1~3%程度である。これに対して、SVセンサの抵抗変化率  $\Delta R/R$  は2~7%程度と高い。このように高い感度を示すSV磁気読み出しヘッドは、AMR読み出しヘッドに取って代わり、非常に高い記録密度、例えば、数ギガビット/インチ<sup>2</sup> (Gbits/in<sup>2</sup>) の記録密度の読み出しを可能としている。

【0003】近年、さらに超高密度記録に対応できる可能性を秘めた新しいMRセンサが、注目を浴びている。すなわち、トンネル磁気抵抗効果接合 (Magneto-Resistive tunnel Junctions :MRTJあるいはTMRとも呼ばれ、これらは同義である) においては、12%以上の抵抗変化率  $\Delta R/R$  を示すことが報告されている。このようなTMRセンサは、SVセンサに代わる次世代のセンサとして期待されているものの、磁気ヘッドへの応用はまだ始まったばかりであり、当面の課題の一つとしてTMR特性を最大限生かせる新規なヘッド構造の開発が挙げられる。すなわち、TMRセンサそのものが、積層膜の厚さ方向に電流を流す、いわゆるCPP (Current Perpendicular to the Plane) 幾何学的構造をとるために従来提案されていない新しいヘッド構造の設計 (design) が要求されている。

【0004】ところで、すでに実用化の目処が立っているSVセンサに関しては、例えばU.S.P. 5,159,513に記載されているように、2つの強磁性層が一つの非磁性層を介して形成されている構造を有する。交換層 (FeMn) は、さらに一つの強磁性層に隣接して形成される。交換層とこれに隣接して形成される強磁性層は、交換結合され、強磁性層の磁化は、一方向に強くピン止めされ

る。この一方で、他の強磁性層における磁化は、小さな外部磁場に応答して自由に回転することができるようになっている。そして、2つの強磁性層の磁化が平行から反平行に変化する時、センサの抵抗は増大して、抵抗変化率  $\Delta R/R$  は2~7%程度となる。

【0005】このようなSVセンサ構造とTMRセンサ構造を比べた場合、TMRセンサ構造は、SVセンサ構造の非磁性金属層を絶縁層であるトンネルバリア層に置き換えた点、およびセンス電流を強磁性層の膜面に垂直方法に流す点、を除いては、極めて類似の構造を取っている。TMRセンサにおいて、トンネルバリア層を介して流れるセンス電流は、2つの強磁性層のスピンドル極状態に左右され、2つの強磁性層の磁化が反平行の場合、トンネル電流の確率は低くなり、高い接合抵抗 (high junction resistance) が得られる。これとは反対に、2つの強磁性層の磁化が平行の場合、トンネル電流の確率は高くなり、低い接合抵抗 (low junction resistance) が得られる。

【0006】U.S.P. 5,729,410にはTMRセンサ (素子) を磁気ヘッド構造に応用した例が記載されている。TMRセンサは2つの平行に対向する電極によりサンドイッチされており、さらにこの電極は、アルミニウムからなる第1および第2の絶縁ギャップ層によりサンドイッチされ、読み取りギャップが形成されている。さらに、一对の絶縁ギャップ層の外方をサンドイッチするように一对の磁気シールド層が形成されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来より提案されているTMRヘッドは、上記のごとくTMR多層膜を積層方向にサンドイッチするように一对の電極層、一对のギャップ層、一对のシールド層が順次形成された構造を取っているために、結果として、磁気記録媒体面と対向するヘッド先端面であるABS (Air Bearing Surface) における磁気ヘッドの読み取りギャップが拡張 (enlarged) されている。そのため、当該TMRヘッドは、高記録密度化に容易に対応するためには不利な形態であると言える。また、TMR変化率の低下がなく、超高密度記録に適用できるよう高いヘッド出力が得られる新規なヘッド構造の提案が要望されている。

【0008】本発明はこのような実状のものに創案されたものであって、その目的は、より簡易に高記録密度化に対応することができる、改善された新規な電極構造を備えるTMRヘッドを提供することにある。さらに、TMR変化率の低下がなく、超高密度記録に適用できるよう高いヘッド出力が得られるトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために、本発明は、トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強

磁性ピンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記トンネル多層膜の積層方向の両側のうち少なくとも片側には、トンネル多層膜にセンス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極ーシールド兼用層 (common lead and shield layer) が、電気的に接合 (electrical contact) されており、前記一つの電極ーシールド兼用層は、読み取り出力を向上させるために A B S (Air Bearing Surface) からトンネル多層膜の後部へと入り込みつつトンネル多層膜の後部へ延長されるようにデザインされており、トンネル多層膜の後部に位置する電極ーシールド兼用層の一部分が読み取り出力を向上させるためのバックフラックスガイドとして機能してなるよう構成される。

【0010】本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜の積層方向の両側には、それぞれ、トンネル多層膜にセンス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極ーシールド兼用層 (common lead and shield layer) が、電気的に接合 (electrical contact) されており、一つの電極ーシールド兼用層は、読み取り出力を向上させるために A B S (Air Bearing Surface) からトンネル多層膜の後部へと入り込みつつトンネル多層膜の後部へ延長されるようにデザインされており、トンネル多層膜の後部に位置する電極ーシールド兼用層の一部分が読み取り出力を向上させるためのバックフラックスガイドとして機能してなるよう構成される。

【0011】本発明の好ましい態様として、前記電気的に接合 (electrical contact) されてなる電極ーシールド兼用層とトンネル多層膜との間には、非磁性かつ導電性のあるギャップ層が形成されてなるよう構成される。

【0012】本発明の好ましい態様として、前記電極ーシールド兼用層が、NiFe、センダスト、CoFe、CoFeNiから形成されてなるよう構成される。

【0013】本発明の好ましい態様として、前記ギャップ層が、Cu, Al, Ta, Au, Cr, In, Ir, Mg, Rh, Ru, W, Znあるいはこれらとの合金からなる層を有して構成される。

【0014】本発明の好ましい態様として、前記ギャップ層の膜厚が、50~700Åであるよう構成される。

【0015】本発明の好ましい態様として、前記ギャップ層が、Ta, Rh, Crの高耐食性材質からなるよう構成される。

【0016】本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜の一部を構成する前記強磁性フリー層は、その長手方向両端部にそれぞれ接続配置されたバイアス付与手段によって、強磁性フリー層の [ ] バイアス磁界が印加されており、当該強磁性フリー層の長手方向

(バイアス磁界印加方向) の長さは、前記強磁性ピンド層の長手方向長さよりも大きく設定され、該強磁性フリー層は、その両端部に、前記強磁性ピンド層の長手方向両端部位置よりもさらに延長された拡張部位をそれぞれ備えなるように配置されてなるよう構成される。

【0017】本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層の長手方向両端部にそれぞれ接続配置されるバイアス付与手段は、前記強磁性フリー層の両端部に存在する拡張部位の上または下に磁気的に接觸 (magnetically contact) して形成され、かつ前記強磁性ピンド層の長手方向端部から一定のスペースDを確保して形成されるよう構成される。

【0018】本発明の好ましい態様として、前記一定のスペースDは、0.02μm以上で設定される。

【0019】本発明の好ましい態様として、前記一定のスペースDは、0.02μm以上0.3μm以下に設定される。

【0020】本発明の好ましい態様として、前記一定のスペースDは、0.02μm以上0.15μm未満に設定される。

【0021】本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層の厚さは、20~500Åの範囲に設定される。

【0022】本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜は、その多層膜検出端面が A B S (Air Bearing Surface) を構成してなるよう構成される。

【0023】本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層は、合成フェリ磁石 (synthetic ferrimagnet) であるよう構成される。

【0024】本発明の好ましい態様として、前記強磁性ピンド層は、非磁性層を介して反強磁的に結合された一対の強磁性層であるよう構成される。

【0025】本発明の好ましい態様として、前記バイアス手段は、高保磁力材料もしくは反強磁性材料、または反強磁性層としない幾層かの強磁性層との積層体から構成される。

【0026】本発明の好ましい態様として、前記強磁性ピンド層の磁化をピンニングするためのピン止め層が、前記強磁性ピンド層のトンネルバリア層と接する側と反対の面に積層されてなるよう構成される。

【0027】本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜の長手方向両端部は、絶縁層で絶縁されているよう構成される。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的実施の形態について詳細に説明する。

【0029】図1は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド1 (以下、単に「TMRヘッド1」と称す) の好適な一例を示す断面図である。この断面図は磁気情報である外部磁場を発する磁気記録媒体と実質的に対向する

ように配置される面に相当する。この面は、いわゆる A B S (Air Bearing Surface) と呼ばれる。

【0030】この実施の形態において、TMRヘッド1は、スピントンネル磁気抵抗効果を示すトンネル多層膜3を備えている。すなわち、トンネル多層膜3は、トンネルバリア層30と、トンネルバリア層30を挟むようにして形成された強磁性フリー層20と強磁性ピンド層40が積層された多層膜構造を有している。強磁性フリー層20は、基本的に磁気情報である外部磁場に応答して自由(フリー)に磁化の向きが変えられるように作用する。また、強磁性ピンド層40は、その磁化方向が、すべて一定方向を向くようにピン止めされている(図1の場合ピン止めされる磁化の方向は紙面の奥行き方向)。そのため、通常、図1に示されるように強磁性ピンド層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50が、前記強磁性ピンド層40のトンネルバリア層30と接する側と反対の面に積層される。

【0031】このようなトンネル多層膜3は、その多層膜検出端面がA B S (Air Bearing Surface) を構成してなるようにすることが望ましい。すなわち、トンネル多層膜3を構成するトンネルバリア層30と、トンネルバリア層30を挟むようにして形成された強磁性フリー層20と強磁性ピンド層40のそれぞれの検出側端面が同一ヘッド先端面を構成するように露出するようにすることが望ましい。このような構成とすることにより、例えば、強磁性フリー層20の端面のみをヘッド先端面に覗かせた構成と比べて、トンネル効果のロスが少なくなり、大きなTMR変化率が得られる。

【0032】図1に示される本発明の実施形態において、前記トンネル多層膜3の積層方向の両側には、トンネル多層膜3にセンス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極-シールド兼用層(common lead and shield layer) 81, 85が、それぞれ、電気的に接合(electrical contact)されている。このような電極-シールド兼用層(common lead and shield layer) 81, 85を用いることにより、リードギャップは大幅に縮小でき、さらに、トンネル多層膜中の不均一な電流の流れを防止することができる。トンネル多層膜中の不均一電流分布は実効接合面積を減少させ、出力低下の原因になる。

【0033】なお、従来の提案のヘッド構造において、電極を極端に薄くしてリードギャップができるだけ小さくしようとした場合には電極部分の抵抗が極めて高くなる。TMR素子の抵抗よりも電極抵抗が高くなるとトンネル多層膜中の不均一な電流の流れが必然的に生じてしまう。

【0034】本発明において用いられる電極-シールド兼用層(common lead and shield layer) 81, 85は、NiFe(パーマロイ)、センダスト、CoFe、CoFeNiから構成される。これらは通常、図示のご

とく一層から形成されることが好ましいが、上記の材質の中から選定された複数の材質の積層体とすることもできる。このような電極-シールド兼用層(common lead and shield layer) 81, 85にセンス用の電流が流れ、これらの層81, 85に電気的に接合されているトンネル多層膜3の積層方向にセンス電流が流れているようになっている。このような電極-シールド兼用層81, 85の膜厚は、0.5~4μm、好ましくは、1~3μmとされる。この膜厚が4μmを超えると、製造工程上、10コストが嵩む。さらにシールドの磁気的安定性も損なわれるという不都合が生じる。また、この膜厚が0.5μm未満となるとシールドとしての役割を果たさなくなってしまうという不都合が生じる。

【0035】このような電極-シールド兼用層81, 85は、直接、トンネル多層膜3と接觸するように形成されてもよいし、あるいは図1の実施の形態に示されるように、非磁性かつ導電性のあるギャップ層71, 75(以下、単にギャップ層71, 75と称す)を、それぞれ介して電極-シールド兼用層81, 85とトンネル多層膜3とを電気的に接合するようにしてもよい。前者の場合、すなわち、ギャップ層を設けずに直接に接合する場合には、シールド-シールド間距離を限界にまで短くすることができ、高密度記録化に大きな貢献ができるというメリットがある。この一方で、図1に示されるような後者の場合、すなわち、ギャップ層を介して間接的に接合する場合には、電極-シールド兼用層81, 85側への磁気リークをより一層確実に防止することができるというメリットがある。

【0036】前記ギャップ層71, 75は、Cu, Al, Au, Ta, Rh, Cr, In, Ir, Mg, Ru, W, Znあるいはこれらとの合金からなる層を有して構成され、当該ギャップ層71, 75は、特に、シールド-シールド間距離の調整およびTMR多層膜位置の調整という機能や、トンネル電流が不均一になるのを防止するという機能を果たす。これらは通常、図示のごとく一層から形成されることが好ましいが、上記の材質の中から選定された複数の材質の積層体とすることもできる。このようなギャップ層71, 75の膜厚は、50~700Å、好ましくは、100~500Å、より好ましくは、100~300Åとされる。この膜厚が700Åを超えると、シールド-シールド間距離が必要以上に大きくなり、いわゆるBPIが大きくなり、高密度記録に適さなくなってしまうという不都合が生じ、また、この膜厚が50Å未満となると、このギャップ層自体の抵抗が大きくなってしまい、トンネル電流の不均一性が生じてしまう。

【0037】上記のギャップ層71, 75の材質の中では、特に、Ta, Rh, Cr等の高耐食性材質を用いることが好ましい。ヘッド製造工程で、ギャップ層71, 75の化学的・機械的平滑処理(CMP: chemical mecha

nical planarization) が行なわれることがあるからである。また、ヘッド作製プロセスの終わりに、センサの高さを定めるために研磨(ラッピング)工程があり、ここで取り返しのつかないヘッド特性の電気的および磁気的ダメージを防止するためでもある。

【0038】本発明におけるトンネル多層膜3は、図1に示されるような仕様に基づいて構成されることが好ましい。すなわち、トンネル多層膜3の一部を構成する強磁性フリー層20は、図1に示されるようにその長手方向(紙面の左右方向)両端部にそれぞれ積層され接続配10置されたバイアス付与手段61, 61によって、強磁性フリー層の長手方向にバイアス磁界(例えば矢印( $\alpha$ 1)方向)が印加されるようになっている。

【0039】当該強磁性フリー層20の長手方向(バイアス磁界印加方向と実質的に同じ)の長さ $L_f$ は、前記強磁性ピンド層40の長手方向長さ $L_p$ よりも大きく設定される。強磁性フリー層20は、その長さ $L_f$ が強磁性ピンド層40の長さ $L_p$ よりも長い分だけ、その両端部に、強磁性ピンド層40の長手方向両端部位置(ラインhの引き出し線で表示される)よりもさらに延長された拡張部位20aをそれぞれ備えるように配置される。この拡張部位20aは、その長さが $L_{re}$ で表示され、強磁性フリー層20の一部分を占めている。つまり、拡張部位20aは強磁性ピンド層40端部からのみ出し長さ部分と同義である。

【0040】強磁性フリー層20の長手方向の長さ $L_f$ は、0.5~20μm程度とされる。また、強磁性ピンド層40の長手方向長さ $L_p$ との関係で規定される強磁性ピンド層40の拡張部位20aの長さ $L_{re}$ は、0.1~5μm程度とされる。

【0041】このような強磁性フリー層20の両端の拡張部位21に、バイアス付与手段61, 61が積層状態で接続される。バイアス付与手段61, 61が積層された部分は、拡張部位21と交換結合され、磁化方向は矢印( $\alpha$ 1)方向に固定される。バイアス付与手段61, 61は、それぞれ、図1に示されるように前記強磁性ピンド層40の長手方向両端部からそれぞれ一定のスペースDを確保して形成されている。

【0042】このような一定のスペースDは、ヘッドの設計仕様を決定する際に、TMR変化率特性を実質的に低下させないようにするために所定範囲に定めることが望ましい。具体的な数値は、ヘッド仕様、例えば、用いる構成部材の材質や、寸法設定等により適宜設定することが望ましい。特に、より好ましい仕様として実験的に見出された数値を挙げるならば、前記一定のスペースDは、0.02μm以上、特に、0.02μm以上0.3μm以下の範囲、さらには0.02μm以上0.15μm未満の範囲とすることが好ましい。このDの値が0.02μm未満となると、TMR変化率特性が逆方向にある。この一方で、このD値が大きくなると、

0.3μmを超えると、有効トラック幅が広がってしまう高記録密度化への将来の要求に合致しなくなる傾向が生じる。有効トラック幅を特に重点的に考慮すると、D値は0.02μm以上0.15μm未満の範囲(0.15μmを含まない)とすることが好ましい。

【0043】また、本発明における前記強磁性フリー層20の厚さは、20~500Å、好ましくは、40~300Å、より好ましくは60~200Åの範囲に設定される。この厚さが、20Å未満となると、前記強磁性フリー層20の長さ方向の長さ $L_f$ を十分な大きさとすることが成膜技術上、困難になる。また、この厚さが500Åを超えると、強磁性フリー層内部の特性ばらつきにより、電子分極率の分散が生じ、結果的にTMR変化率が減少してしまうという不都合が生じる。

【0044】図1に示されたTMRヘッド1全体の構成、特に上述していない部材を中心にして簡単に説明しておくと、本実施の形態においては、TMR多層膜の両端部外方には、図示のごとく例えばアルミナからなる絶縁層93, 93が形成される。これにより、バイアス付与手段61, 61とトンネルバリア層30の絶縁が確実に行なわれるようになっている。

【0045】強磁性フリー層20や強磁性ピンド層40を構成する材質は、高いTMR変化量が得られるように高スピンドル材質が好ましく、例えば、Fe, Co, Ni, FeCo, NiFe, CoZrNb, FeCoNi等が用いられる。これらは2層以上の積層体であってもよい。強磁性フリー層20の膜厚は、20~500Å、好ましくは40~300Åとされる。膜厚が厚くなりすぎると、ヘッド動作時の出力が低下する傾向があり、また、膜厚が薄くなりすぎると、磁気特性が不安定となりヘッド動作時のノイズが増大するという不都合が生じる。強磁性ピンド層40の膜厚は、10~100Å、好ましくは20~50Åとされる。膜厚が厚くなりすぎると、ピン止め層50による磁化のピンニングが弱まり、また、膜厚が薄くなりすぎると、TMR変化率が減少する傾向が生じる。

【0046】強磁性ピンド層40の磁化をピン止めするピン止め層50は、そのピン止め機能を果たすものであれば、特に限定されないが、通常、反強磁性材料が用いられる。厚さは、通常、60~300Å程度とされる。

【0047】ここで、強磁性トンネル磁気抵抗効果について図1および図8を参照しつつ簡単に説明しておく。強磁性トンネル磁気抵抗効果とは、図1に示されるようにトンネルバリア層30を挟む一対の強磁性層20, 40間の積層方向に電流を流す場合に、両方の強磁性層20, 40間における互いの磁化の相対角度に依存してトンネルバリア層を流れるトンネル電流が変化する現象をいう。この場合のトンネルバリア層30は、薄い絶縁膜であって、トンネル磁気抵抗効果によりスピントル保存しながら電子が通過できるものである。図8(A)に示さ

れるように両強磁性層20, 40間における互いの磁化が平行である場合（あるいは互いの磁化の相対角度が小さい場合）、電子のトンネル確率は高くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は小さくなる。これとは逆に、図8(B)に示されるように両強磁性層20, 40間における互いの磁化が反平行である場合（あるいは互いの磁化の相対角度が大きい場合）、電子のトンネル確率は低くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は大きくなる。このような磁化の相対角度の変化に基づく抵抗変化を利用して、例えば外部磁場の検出動作が行われる。

【0048】2つの強磁性層20, 40によって挟まれるトンネルバリア層30は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{GdO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MoO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{WO}_2$ 等から構成される。トンネルバリア層30の厚さは、素子の低抵抗化のためできるだけ薄いことが望ましいが、あまり薄すぎてピンホールが生じるとリーク電流がながれてしまい好ましくない。一般には、5~20Å程度とされる。

【0049】本発明において、強磁性フリー層20を、例えば、図9に示されるような $\text{NiFe}$ 層21(厚さ20Å)／ $\text{Ru}$ 層22(厚さ7Å)／ $\text{NiFe}$ 層23(厚さ30Å)の3層積層体で例示される合成フェリ磁石(synthetic ferrimagnet)とすることも好ましい態様の一つである。この場合には、上下の $\text{NiFe}$ 層21および $\text{NiFe}$ 層23の磁化方向21mおよび23mはそれぞれ、互いに逆方向となっている。合成フェリ磁石を用いた場合、実効的な磁気膜厚が薄く設定できるのでTMR変化率が大きくなり、ヘッド出力が大きくなるというメリットがある。また、このような合成フェリ磁石は前記強磁性ピンド層40にも適用できる。すなわち、前記強磁性ピンド層40は、図9に示されるように非磁性層を介して反強磁性的に結合された一対の強磁性層としてもよい。

【0050】また、図4には、図1の縦中心線に沿って紙面奥行き方向に切断した断面図が示される。図4に示されるように図面の左側端部はいわゆる磁気記録媒体と対向するABSを示しており、このABSにトンネル多層膜3の感磁部が形成されている。電極シールド兼用層81, 85は、図4のヘッド後端部(図面の右方)まで伸び、これらは絶縁層9.3で仕切られている。そして、一方の電極シールド兼用層85は、トンネル多層膜3の後部へと伸びるようにデザインされたバックフラックスガイドとして機能する部分85a(実質的に点線で囲まれた部分)を備えてなるように構成される。すなわち、一つの電極シールド兼用層85は、読み取り出力を向上させるためにABS(Air Bearing Surface)からトンネル多層膜の後部へと入り込みつつトンネル多層膜の後部へ延長されるようにデザインされており、トンネル多層膜の後部に位置する電極シールド兼用層の一部85aが読み取り出力を向上させるためのバックフ

ラックスガイドとして機能するように構成されている。この構成は本発明の特に重要な特徴となるものであり、この構成により、磁気信号を感磁部であるトンネル多層膜3で効率良く磁気信号を吸い上げることが可能となり、その結果、読み取り出力を向上させることができ

る。

【0051】次いで、図1の磁気ヘッドの基本的な製造方法を図2~図4を参照しつつ簡単に説明する。

【0052】まず最初に、図2(A)に示されるように

10 平板状の電極シールド兼用層81の両端部がレジストホールを介してイオンミリングされ、2つの四角のホール82, 82が形成される(図面の両端部)。この上に、図2(B)に示されるようにギャップ層71がスパッタ成膜され、さらにこの上に例えば、 $\text{CoPt}$ 等の高保磁力材料からなるバイアス付与手段61が形成される。しかる後、化学的・機械的平滑処理(CMP: chemical mechanical planarization)を経て、2つの分離されたバイアス付与手段61, 61を持つクリーンな平滑面99が形成される(図2(B))。

【0053】次いで、図3(A)に至るまでの工程を説明する。上記の平滑面99の上に、TMR多層膜が形成される。すなわち、平滑面の上に、Taシード(seed)層(図示していない)、強磁性フリー層20、トンネルバリア層30a、強磁性ピンド層40a、ピン止め層50a、キャッピングTa層(図示していない)が順次、成膜(depo)される。なお、強磁性フリー層20、強磁性ピンド層40aは磁界を印加した状態で成膜されることが望ましく、強磁性フリー層20の磁化方向は、外部磁場ゼロの状態でABSに平行となるように、また、強磁性ピンド層40aの磁化方向は強磁性フリー層20の磁化方向と直交するように設定される。TMR多層膜を形成した後、最初のレジストマスク(図示していない)がトンネル多層膜3aの上に、多層膜の長さを規定するようにパターン形成される。トンネル多層膜3aのプロテクトされていない部分がギャップ層71までイオンミリングされ、そのミリングされた空部(vacant)個所に絶縁層93a(例えばアルミナからなる)が堆積される。リフトオフ工程の後、より小さな寸法の第2のレジストマスク100がトンネル多層膜3aの上に形成される(図3(A))。

【0054】次いで、図3(B)に至るまでの工程を説明する。レジストマスク100にプロテクトされていない部分は、イオンミリングされ、そのエッティングは強磁性フリー層20に到達した時点でストップされる。さらに第2の絶縁層93が水平レベルになるまで堆積され付加される(図3(B))。

【0055】次いで、さらにギャップ層75、電極シールド兼用層85が順次積層され、図1(図4)に示される磁気ヘッドの形態が完成する。

【0056】図4に示されるようなバックフラックスガ

イド部の形成方法について説明する。図3 (B) の状態から、ギャップ層75がTMR多層膜の上に形成される。それから、レジストマスクがヘッドのフロント部分を覆うようにパターニングされる。プロテクトされていない領域は、下部に位置する電極ーシールド兼用層81までイオンミリングされる。絶縁層93が電極ーシールド兼用層81, 85間の電気的ショートを防ぐために薄膜形成され、リフトオフ工程の後に電極ーシールド兼用層85が成膜されヘッド形態が完成される。このようにして、図4に示されるように、信号磁界を磁気的に吸い上げる強磁性フリー層20の後部に(バック) フラックスガイド部を形成することにより、強磁性フリー層20の有効透磁率が向上し、フリー層20内を流れるフラックス密度が上がり、より大きな磁化回転が得られ、出力が向上する。

【0057】上記のごとくヘッド形態が完成した後、さらにピーン-アニール工程が行なわれる。すなわち、適当な磁場中でクールダウンさせながらピン止め層5.0による強磁性ピンド層40の磁化のピン止めが行なわれる。最後に、バイアス付与手段61による強磁性フリー層20へのバイアス付与操作(例えば、その一例としてピンニング操作)が行われる。

【0058】図5には、図1に示されるTMR磁気ヘッド構造の変形例が示される。図5に示されるTMR磁気ヘッド2の構造が、図1に示されるそれと基本的に異なる点は、バイアス付与手段61, 61の配置である。すなわち、図5に示されるバイアス付与手段61, 61は、強磁性フリー層20の両端部上側に配置されている。このような図5に示される実施の形態においても、強磁性フリー層20と、強磁性ピンド層40と、バイアス付与手段61, 61との設計仕様は上記図1の場合と同様な要件を満たすことが高出力を得るためにより好ましい態様といえる。なお、図5において、バイアス付与手段61, 61との配置換えに伴い、絶縁層の数や配置も変更されている。すなわち、図5に例示されたTMRヘッド2全体の構成、特に上述していない部材を中心にして簡単に説明しておくと、図5の本実施の形態において、強磁性フリー層20の両端部外方には、図示のごとく例えばアルミナ等からなる絶縁層91, 91が形成される。さらに、バイアス付与手段61, 61の上にも例えばアルミナ等からなる絶縁層93, 93が形成され、この絶縁層93, 93は前記スペースDの部分にも入り込んでいる。これにより、バイアス付与手段61, 61とトンネルバリア層30の絶縁が確実に行なわれるようになっている。

【0059】以下、図5に示される磁気ヘッド2の製造方法を図6および図7を参照しつつ簡単に説明する。

【0060】まず最初に、図6 (A) に示されるように平板状の電極ーシールド兼用層81の上に、ギャップ層71がスパッタ成膜される。上述したように、ギャップ

層71は耐食性材料から構成することが望ましい。ヘッド作製プロセスの終わりに、センサの高さを定めるために研磨(ラッピング)工程があり、ここでの取り返しのつかないヘッド特性の電気的および磁気的ダメージを防止するためである。

【0061】次いで、図6 (B) に至るまでの工程を説明する。ギャップ層71の上には、例えば、Taシード(seed)層(図示していない)、強磁性フリー層20、トンネルバリア層30a、強磁性ピンド層40a、ピン止め層50a、キャッピングTa層(図示していない)が順次、成膜(depo)される。なお、強磁性フリー層20、強磁性ピンド層40aは磁界を印加した状態で成膜されることが望ましく、強磁性フリー層20の磁化方向は、ABSに平行となるように、また、強磁性ピンド層40aの磁化方向は強磁性フリー層20の磁化方向と直交するように設定される。最初のレジストマスク(図示していない)がトンネル多層膜3aの上に形成される。トンネル多層膜3aのプロテクトされていない部分がギャップ層71までイオンミリングされ、そのミリングされた空部(vacant)個所に絶縁層91aが堆積される。リフトオフ後のトンネル多層膜3a形状が図6 (B) に示されており、この上に、第2のレジストマスクパターン100が形成される。

【0062】次いで、図7 (A) に至るまでの工程を説明する。レジストマスクパターン100にプロテクトされていない部分は、イオンミリングされ、そのエッチングは強磁性フリー層20に到達した時点でストップされる。この時点で絶縁層91は所望の形状となる。次いで、バイアス付与手段の層61aがスパッタ成膜され、強磁性フリー層20の端部が覆われる。

【0063】次いで、図7 (B) に至るまでの工程を説明する。リフトオフ工程の後、第3のレジストマスクがトンネル多層膜3aの上にパターン形成される。

【0064】強磁性層フリー層20に至るまでイオンミリングして強磁性ピンド層40の長手方向端部からバイアス付与手段61の端部までの一定のスペースDが形成される。この段階で、バイアス付与手段61の膜厚は、イオンミリングで薄くされ、設定厚さにされる。次いで、例えばアルミナ等からなる絶縁層93が、最終のリフトオフ工程の前に電極ーシールド兼用層81, 85の間の電気的ショートを防止するためにスパッタで成膜される。

【0065】最後に、ギャップ層75、電極ーシールド兼用層85が連続的に成膜され、ヘッド構造が完成せられる(図5)。さらに上記図1の場合と同様に、ピーン-アニール工程が行なわれる。すなわち、適当な磁場中でクールダウンさせながらピン止め層50による強磁性ピンド層40の磁化のピン止めが行なわれる。最後に、バイアス付与層61による強磁性フリー層20へのバイアス付与操作(例えば、その一例としてピンニング操

作) が行われる。

【0066】なお、上述してきたトンネル磁気抵抗効果型ヘッドは、トンネル多層膜3の両側に一対の電極ーシールド兼用層 (common lead and shield layer) 81, 85が形成されている例をあげて説明してきた。しかしながら、リードギャップを短くするために本発明の電極ーシールド兼用層を用いるという思想は、読み出し専用のTMRヘッドに書き込み専用のインダクティブヘッドを組み合わせたいわゆる複合ヘッドにも応用することが可能であり、この複合ヘッドを考慮にいれた場合、電極ーシールド兼用層は片側のみ形成するようにしてもよい。

【0067】また、トンネル多層膜3の構造に関し、強磁性フリー層20とトンネルバリア層30との間には、TMR変化率(TMR ratio)をエンハンスさせるためにCoFe等の高電子伝導のスピンド分極材料からなる強磁性薄膜層を介在させてもよい。

#### 【0068】

【実施例】上述してきたトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの発明を、以下に示す具体的実施例によりさらに詳細に説明する。

#### 【0069】(実験例I)

【0070】図1および図4に示されるヘッド構造と同様な構造を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドのサンプルを作製した。すなわち、NiFe(厚さ100Å)とCo(厚さ20Å)の2層積層体からなる強磁性フリー層20、トンネルバリア層30(酸化アルミニウム;厚さ12Å)、磁化方向が検出磁界方向にピン固定された強磁性ピンド層40(Co;厚さ30Å)、強磁性層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50(RuRhMn;厚さ100Å)からなるトンネル多層膜3を備える磁気ヘッドサンプルを作製した。なお、トンネル多層膜3に電流を流すための電極ーシールド兼用層81, 85はパーマロイから形成し(厚さ3μm)、トンネル多層膜3と各電極ーシールド兼用層との間にそれぞれTaからなる厚さ400Åのギャップ層71, 75を形成した。強磁性フリー層20の長手方向両端部の上には、それぞれバイアス付与手段として、CoPtからなるパーマネントマグネット61, 61がオーバーラッピングされ、当該バイアス付与手段61, 61によって、強磁性フリー層20の長手方向にバイアス磁界(例えば矢印(α1)方向)を印加した。このオーバーラッピングされた部分の接合距離は、0.5μmとし、スペース値Dは、0.1μmとした。また、図1におけるL<sub>1</sub>値は、0.5μm、L<sub>2</sub>値は、1.7μmとした。トラック幅は0.5μmとした。なお、絶縁層93, 93の形態は図1に示される形態と同じにして、アルミナ材料から形成した。

【0071】このような本発明のTMRヘッドサンプルを作製し、実際にヘッド出力を測定した。ヘッドの抵抗

は167Ω、センス電流は1mAとし、得られたPeak to Peak Outputは、2890μVで出力波形の非対象コントロールは良好であった。実際に得られた出力波形は、図10に示されている。

#### 【0072】

【発明の効果】上述してきたように本発明においては、トンネル多層膜にセンス電流を流す手段として、トンネル多層膜にセンス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極ーシールド兼用層 (common lead and shield layer) を電気的に接合 (electrical contact) させて用い、当該電極ーシールド兼用層は、読み取り出力を向上させるためにABS(Air Bearing Surface)からトンネル多層膜の後部へと入り込みつつトンネル多層膜の後部へ延長されるようにデザインされており、トンネル多層膜の後部に位置する電極ーシールド兼用層の一部分が読み取り出力を向上させるためのバックラッシュガイドとして機能してなるように構成しているので、リードギャップを格段と小さくすることができ、簡易に高記録密度化に対応することができ、さらには、TMR変化率の低下がなく、超高密度記録に適用できるような大きなヘッド出力が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの好適な一例を示す断面図である。

【図2】図2(A)および(B)は、それぞれ、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法を経的に説明するための図面である。

【図3】図3(A)および(B)は、それぞれ、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法を経的に説明するための図面である。

【図4】図4は、図1の縦中心線に沿って紙面奥行き方向に切断した断面図である。

【図5】図5は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの好適な他の一例を示す断面図である。

【図6】図6(A)および(B)は、それぞれ、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法を経的に説明するための図面である。

【図7】図7(A)および(B)は、それぞれ、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法を経的に説明するための図面である。

【図8】図8(A)および(B)は、本発明のトンネル磁気抵抗効果を説明するための模式的図面である。

【図9】図9は、本発明に用いられる好適な強磁性フリー層の一例を説明するためのトンネル多層膜の断面図である。

【図10】図10は、本発明の磁気ヘッドを用いて得られた出力波形の図面である。

#### 【符号の説明】

1, 2…トンネル磁気抵抗効果型ヘッド

3…トンネル多層膜

20…強磁性フリー層  
30…トンネルバリア層  
40…強磁性ピンド層  
50…ピン止め層

【図1】

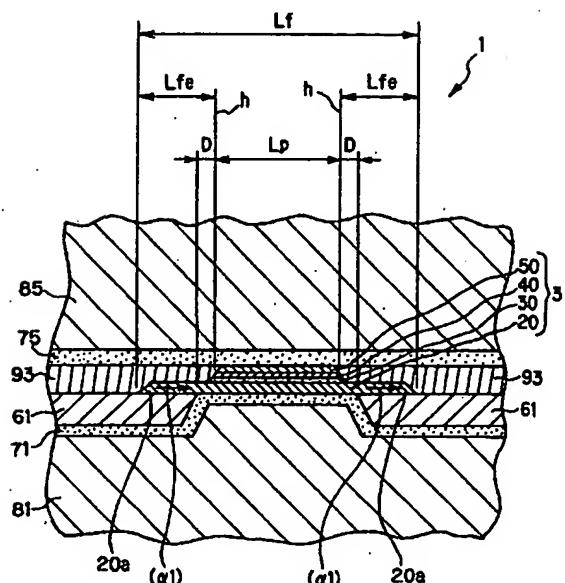


FIG.1

【図2】

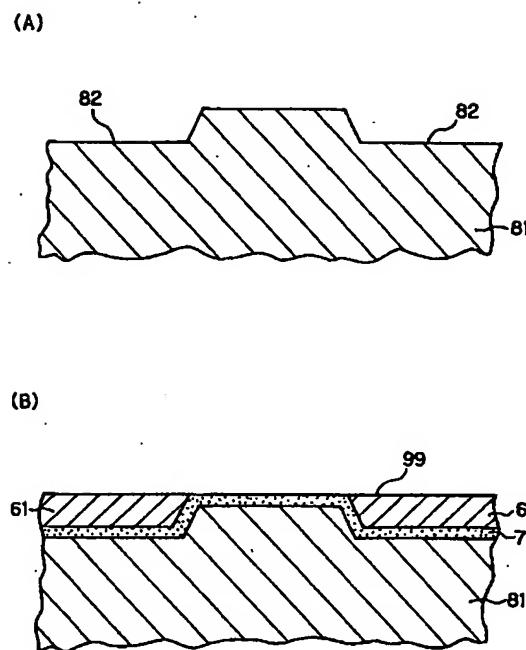


FIG.2

【図4】

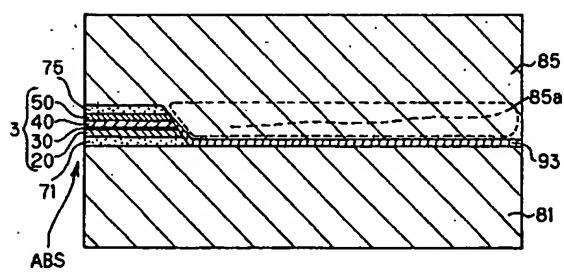


FIG.4

【図9】

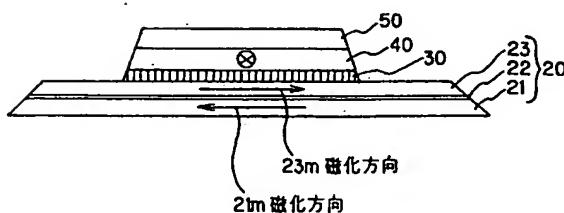


FIG.9

【図3】

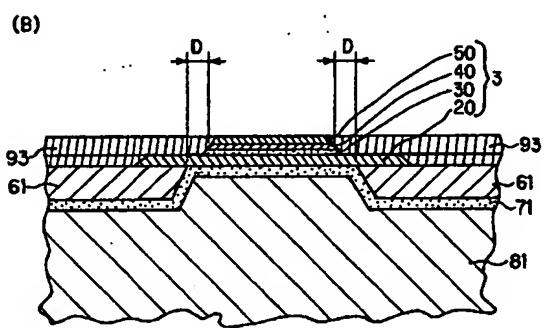
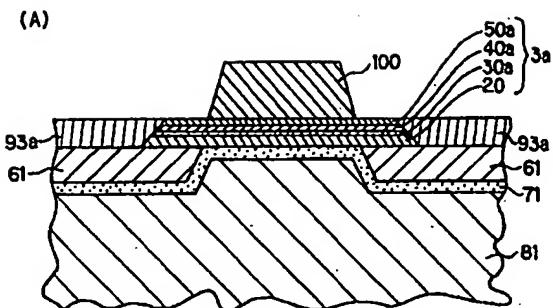


FIG.3

【図5】

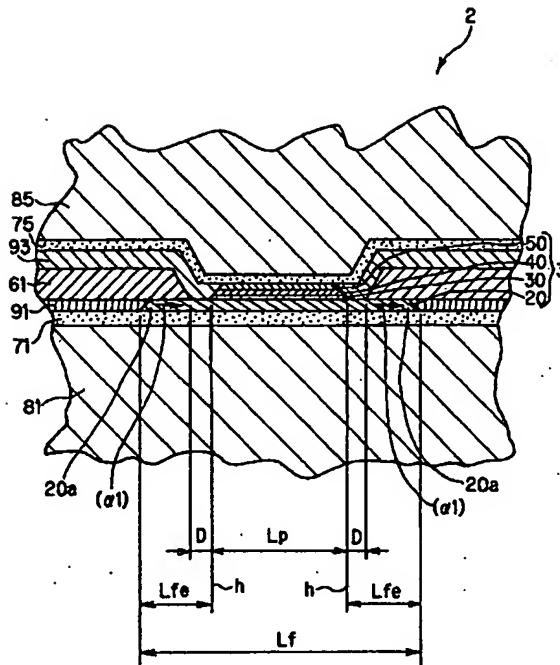


FIG.5

【図7】

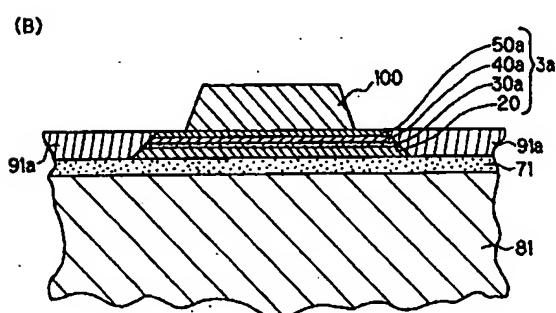
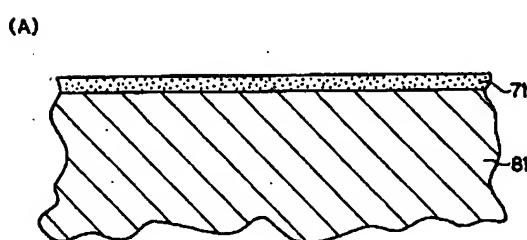


FIG.6

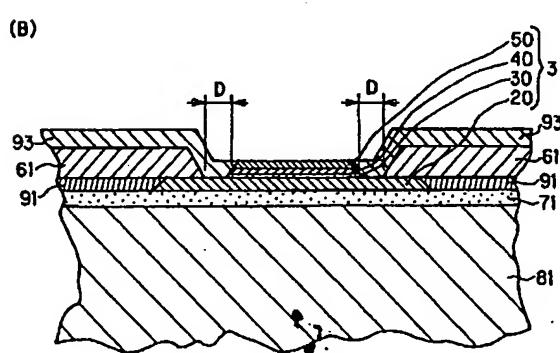
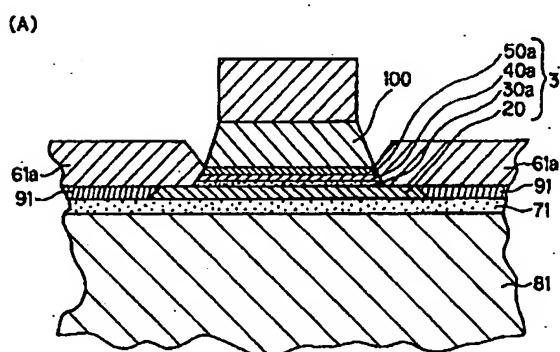


FIG.7

【図8】

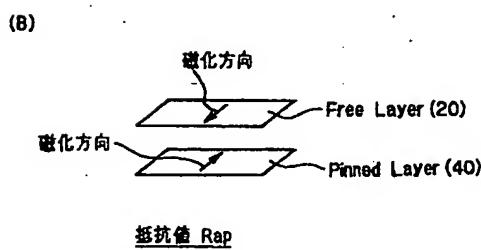
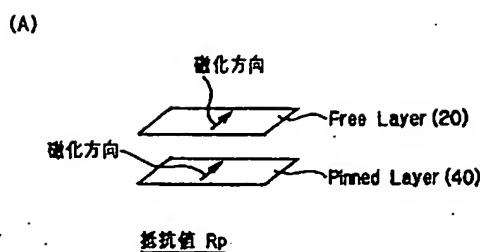


FIG.8

【図10】

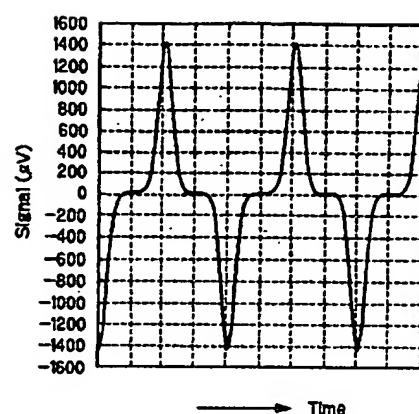


FIG.10

フロントページの続き

(72)発明者 笠原 寛顕

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
一ディーケイ株式会社内

(72)発明者 荒木 哲

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
一ディーケイ株式会社内  
F ターム(参考) 5D034 BA04 BA08 BB09 CA08